21

21

NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. P.-P. DEHÉRAIN

PARIS
IMPRIMERIE ÉMILE MARTINET
2, RUE MIGNON, 2
1877

GRADES UNIVERSITAIRES, FONCTIONS

1847. — Bachelier ès lettres. — 1849. Bachelier ès sciences.

1856. — Licencié ès sciences. — 1859. Docteur ès sciences.

1865. — Lauréat de l'Académie des sciences (prix BORDIN, question de physiologie végétale mise au concours par la section de botanique).

1871. — Présenté en seconde ligne, par la section d'économie rurale de l'Académie des sciences, pour la place vacante dans son sein par suite du décès de M. Payen. La section avait présenté en première ligne M. Hervé-Mangon; en seconde ligne, et par ordre alphabétique, MM. P.-P. Dehérain et Th. Schlœsing.

M. Dehérain a commencé ses études scientifiques au Muséum, dans le laboratoire de M. Fremy en 1850.

1854-1864. — Préparateur du cours de zoologie appliquée à l'Agriculture au Conservatoire des arts et métiers (M. Baudement, professeur).

1865. — Chargé du cours de chimie agricole à l'école de Grignon.

1869. — Professeur titulaire de ce cours.

1872. — Aide naturaliste de culture au Muséum d'histoire naturelle.

1873-74-75-76. — Suppléant de M. Decaisne pour une partie du cours de culture.

En 1865 M. Dehérain a été délégué par le ministre de l'Agriculture à l'Exposition internationale de Porto (Portugal) comme membre de la Commission française. S. M. dom Luis lui a remis à cette occasion la croix de chevalier de la Conception.

1872. — Chevalier de l'ordre de la Rose (Brésil).

1875. — Chevalier de la Légion d'honneur.

M. Dehérain est actuellement secrétaire général de l'Association française pour l'avancement des sciences.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

I

Sur l'assimilation des substances minérales par les plantes.

[Mémoire couronné par l'Académie des sciences, prix Bordin, 1865 (Commission composée de MM. Fremy, Tulasne, Brongniart, Decaisne et Naudin, rapporteur). — Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. LXII, p. 545, 1866. — Annales des sciences naturelles (Botanique), 4e série, t. VIII.— Annuaire scientifique, 1867 (la Nutrition des végétaux). Leçon professée devant la Société chimique, 31 mars 1868) (Hachette)].

La question posée par l'Académie était la suivante : *Déterminer expérimentalement les causes de l'inégalité de l'absorption par les végétaux différents des dissolutions salines de diverses natures que contient le sol, et reconnaître, par l'étude anatomique des racines, les rapports qui peuvent exister entre les tissus qui les constituent et les matières qu'elles absorbent ou qu'elles excrètent.*

On sait depuis longtemps que deux plantes d'espèces différentes développées à côté l'une de l'autre, dans le même sol, n'y puisent pas des principes minéraux identiques, et qu'à l'analyse leurs cendres sont loin d'avoir la même composition. Comment les végétaux peuvent-ils ainsi *choisir* leurs parties fixes, quel est le mécanisme de cette absorption élective ? telle est la question que l'Académie mit au concours en 1863, et qui fut traitée dans le Mémoire qu'elle a bien voulu couronner en 1865.

Au moment où il aborda ces recherches, l'auteur ne se dissimulait pas l'extrême difficulté qu'elles présentaient ; Th. de Saussure dont le nom se retrouve dans toutes les questions de physiologie végétale avait à peine abordé ce redoutable problème, et on aurait reculé si on n'avait eu pour guide les belles recherches de Th. Graham sur la diffusion, qui venaient de paraître ; c'est en s'appuyant sur elles que l'auteur se résolut à étudier la question posée par l'Académie.

On chercha, dès le début, à déterminer l'état dans lequel se rencontrent les principes minéraux contenus dans les plantes ; plusieurs faits bien connus démontraient d'abord qu'ils peuvent se trouver en combinaison régulière avec

les matières sécrétées par les végétaux ; dans les cactus, dans les oseilles, dans les baies de sorbier, dans les raisins, on rencontre la chaux ou la potasse combinées aux acides organiques, notamment à l'acide oxalique, à l'acide tartrique ou à l'acide malique. En soumettant divers tissus à l'action des réactifs faibles, on arriva bientôt à se convaincre que les principes neutres peuvent également retenir en combinaison les matières minérales : la silice, dans la paille des graminées, dans les feuilles des fougères, résiste à l'action d'une lessive alcaline étendue et bouillante ; les iodures, parfois les sulfates, dans les fucus, persistent malgré des lavages prolongés à l'eau bouillante ; les phosphates ne sont pas enlevés complétement des farines par les acides étendus. Dans d'autres circonstances, on trouva, au contraire, que les matières minérales cèdent avec la plus grande facilité à l'action des réactifs : le carbonate de chaux ou la silice, dans certaines feuilles, disparaissent sous l'influence des dissolvants aussi facilement qu'ils le feraient s'ils étaient déposés sur une substance inerte. Enfin on rencontra des principes minéraux dans un état intermédiaire entre les deux précédents, résistant pendant quelque temps à l'action des dissolvants, mais finissant cependant par leur céder.

On peut donc distinguer quatre états différents, quatre manières d'être diverses des substances minérales dans les plantes : elles peuvent y être retenues en combinaison régulière : potasse ou chaux unie aux acides organiques, ou encore fixées par *affinité capillaire*, suivant la remarquable expression de l'illustre directeur du Muséum, M. Chevreul, comme le sont les matières colorantes sur un tissu mordancé ; exemple : iodures, sulfates dans les fucus, silice dans les graminées ; les minéraux sont encore retenus comme le seraient les matières colorantes sur un tissu non mordancé : chlorures dans les fucus ; ou enfin simplement déposés par évaporation : carbonate de chaux ou silice dans les feuilles.

Cherchons maintenant à nous rendre compte du mécanisme de l'assimilation, de l'absorption élective de ces principes par les végétaux, et choisissons un cas très-simple, qui, depuis longtemps, a éveillé l'attention des naturalistes : un fucus se développe dans l'eau de mer, il est constamment baigné par une dissolution très-riche en chlorures et très-pauvre en iodures, et cependant, dans ses tissus, les iodures s'accumulent à l'état insoluble, tellement que l'industrie trouve grand avantage à rechercher ces iodures dans ces tissus, au lieu de les extraire de l'eau de mer elle-même.

Les chlorures, sans doute, pénètrent aussi dans ces tissus, mais quand on

fait l'analyse des cendres qu'ils laissent à l'incinération, les proportions sont loin d'être ce qu'elles étaient dans l'eau de la mer, et il faut reconnaître que le fucus a relativement assimilé l'iodure en plus grande proportion que le chlorure.

Pour éclairer le mécanisme de cette assimilation élective, l'auteur a employé le mode de recherches qu'a si habilement utilisé M. Jamin dans ses mémorables expériences sur l'ascension des liquides dans les tissus des végétaux. Il s'est efforcé de montrer qu'en mettant en jeu de simples forces physiques comme la diffusion et la précipitation, on pouvait faire pénétrer dans un vase poreux en quantités inégales diverses matières dissoutes et imiter par ce schema le choix qu'exécutent les plantes vivant au milieu d'une dissolution complexe. Imaginons un vase de verre renfermant une dissolution de sulfate de cuivre; puis, dans cette dissolution, un vase poreux, analogue à ceux qu'on emploie dans la pile de Bunsen, rempli d'eau distillée; le niveau du liquide est le même dans les deux vases, il n'y a aucun transport de liquide de l'un à l'autre, mais simplement *diffusion* au travers de la paroi poreuse; après quelques jours, 10 centimètres cubes de la dissolution intérieure renferment précisément autant de sel que 10 centimètres cubes de la dissolution extérieure, l'équilibre est établi; à ce moment, versons dans le vase poreux quelques gouttes d'eau de baryte, nous précipiterons ainsi le sulfate de cuivre intérieur à l'état de sulfate de baryte et d'oxyde de cuivre; la dissolution intérieure est appauvrie par cette précipitation, l'équilibre est rompu, et une nouvelle quantité de sulfate de cuivre pénètre par diffusion pour remplacer celui qui a disparu; après quelques jours, l'équilibre est rétabli de nouveau, mais nous procédons à une nouvelle précipitation qui détermine bientôt un afflux nouveau de sulfate de cuivre, et l'on conçoit qu'en continuant ainsi nous déterminions l'arrivée dans le vase poreux de tout le sulfate de cuivre extérieur. Un sel non précipitable par l'eau de baryte peut être ajouté au sulfate de cuivre sans que les résultats soient changés, de telle sorte qu'on aura assisté, dans cette expérience, à un véritable choix exécuté par le vase poreux, qui se sera chargé do sulfate de cuivre, tandis que l'azotate de soude ou le chlorure de potassium, si ce sont ces sels qu'on a mêlés au sulfate de cuivre, ne s'y trouveront pas à la fin de l'expérience en plus grande quantité qu'au commencement; la cause de ce choix est unique, elle est due à l'insolubilité du sulfate de cuivre dans le vase où arrive l'eau de baryte. Revenons maintenant au fucus baigné par une dissolution complexe renfermant des chlorures et des iodures, et rappelons-nous que ces derniers résistent absolument aux lavages à l'eau bouillante, qu'ils sont retenus par les tissus de la

façon la plus complète, et nous comprendrons que la diffusion s'opère au travers des cellules de la plante submergée comme au travers du vase poreux, et que l'insolubilité qu'acquiert l'iodure dans le tissu du fucus suffit à déterminer son accumulation.

Th. Graham a établi que la diffusion a lieu aussi facilement au travers d'un colloïde que dans l'eau ; on comprend donc qu'une dissolution complexe se diffuse au travers de la terre arable et pénètre dans les tissus d'une plante par endosmose et par l'appel incessant que détermine l'évaporation ; les différentes substances minérales qui ont pénétré dans la plante vont éprouver l'action des tissus qui les renferment, et si l'une d'elles forme avec les principes végétaux un composé insoluble, comme la silice dans les graminées, la chaux dans les cactus, etc., la dissolution complexe qui constitue la séve va se trouver appauvrie de cette silice ou de cette chaux ; il n'y aura plus équilibre entre la dissolution extérieure et la dissolution intérieure ; il va donc y avoir appel des principes qui sont devenus insolubles ; un nouvel afflux sera suivi d'une nouvelle précipitation, et bientôt le principe capable d'être précipité dans les tissus s'y accumulera au détriment des substances restées en dissolution dans l'eau de la plante, qui y persistent à un degré de dilution semblable à celui qu'elles présentent dans l'eau que recèle la terre arable.

Toutes les substances minérales contenues dans les végétaux n'y sont pas engagées en combinaisons insolubles ; la potasse se trouve unie à l'acide oxalique, malique, citrique, etc., et elle est contenue dans les liquides qui gorgent les végétaux ; par conséquent, l'expérience précédente est insuffisante pour expliquer l'accumulation des principes minéraux combinés dans les cellules végétales, mais qui y sont contenus en dissolution ; une nouvelle expérience de diffusion dans les vases poreux nous permettra cependant de comprendre comment ils se rencontrent dans la plante, en excès, sur les matières minérales qui n'y contractent pas de combinaison.

Reprenons l'appareil composé d'un vase de verre renfermant une dissolution dans laquelle plonge un vase de Bunsen rempli d'eau distillée, et mettons dans le vase extérieur un mélange de deux sels ; après quelques jours ils ont pénétré en quantités égales au travers de la paroi poreuse, et l'équilibre est établi. Que faut-il pour modifier la marche de la diffusion, et favoriser l'entrée d'un des sels dans le vase poreux au détriment de l'autre ? simplement introduire dans celui-ci une matière capable de s'unir avec l'un des deux éléments extérieurs. Plaçons par exemple, dans le vase extérieur un mélange de sel marin et de carbonate de potasse, et dans le vase intérieur de l'acide sulfu-

rique dilué, et nous reconnaîtrons bientôt que le carbonate de potasse, appelé par l'acide, a pénétré dans le vase extérieur en quantité beaucoup plus grande que le sel marin, et cela sans qu'il y ait aucune précipitation.

Cette expérience nous permettra de comprendre comment les plantes qui sécrètent les acides végétaux appellent les alcalis ; on sait, par exemple, que, dans les tubercules des pommes de terre, dans les racines des betteraves, les acides oxalique, citrique et malique prennent naissance probablement par l'oxydation des principes neutres ; or la présence des acides déterminera un appel de carbonate de potasse, comme dans l'expérience précédente, de telle sorte que la sécrétion de ces acides sera la cause de l'assimilation de la potasse ou de la chaux par ces végétaux.

La combinaison que contractent les phosphates avec les matières albuminoïdes est pour l'auteur la cause déterminante de l'assimilation de ces sels qui se rencontrent dans toutes les plantes, comme les matières albuminoïdes elles-mêmes.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, tous les principes minéraux contenus dans les plantes n'y sont pas engagés en combinaison, le carbonate de chaux et la silice qui se rencontrent dans les feuilles en proportion d'autant plus grande qu'elles sont plus âgées paraissent y être déposés simplement par le dégagement de l'acide carbonique, qui les maintenait en dissolution dans la séve.

L'accumulation dans les organes d'évaporation de ces matières, solubles dans l'eau chargée d'acide carbonique, insolubles dans l'eau pure, à l'exclusion des matières qui conservent leur solubilité dans l'eau, peut encore être reproduite artificiellement.

Pour y réussir, on place dans un vase de verre une dissolution de sel marin et de bicarbonate de chaux, puis on dispose sur le bord du vase une série de bandelettes d'une étoffe, légère comme de la gaze, qui, plongeant en partie dans le liquide, sont pour le reste exposés à l'action de l'air. Le liquide monte par capillarité dans la gaze et s'évapore, l'acide carbonique se dégage et le carbonate de chaux se dépose ; le liquide qui imbibe la partie supérieure de la bandelette se trouve donc bientôt appauvri de bicarbonate de chaux, tandis que le sel marin y persiste et s'y trouve en dissolution plus concentrée que dans le vase lui-même ; dès lors, les lois de la diffusion déterminent un mouvement du bicarbonate de chaux vers les bandelettes de gaze, à l'exclusion du sel marin. L'expérience enseigne, en effet, que l'eau du vase a perdu, après six heures, 62 pour 100 du bicarbonate de chaux et seulement 27 pour 100 du sel marin qu'elle renfermait.

On voit que, si le liquide tend à monter peu à peu dans les bandes de gaze

par capillarité pour remplacer le liquide évaporé, le bicarbonate de chaux et le sel marin s'acheminent, en même temps que le liquide, vers la surface évaporatoire, mais avec des vitesses différentes; le bicarbonate de chaux, entraîné par la force de diffusion qui tend à établir dans toutes les parties du liquide la même composition, chemine plus rapidement que le liquide lui-même pour venir à chaque instant remplacer le sel qui a été précipité par l'évaporation de l'acide carbonique. Un sel qui a pénétré dans une plante avec l'eau qui s'y renouvelle sans cesse ne peut cependant s'y accumuler, s'il n'y contracte aucune combinaison; il se trouve bientôt, en effet, dans la séve en plus grande quantité que dans l'eau extérieure, et dès lors la loi d'équilibre des dissolutions oppose un obstacle absolu à une nouvelle pénétration; c'est ce qui a été parfaitement observé par Th. de Saussure dans ses remarquables expériences sur l'absorption des dissolutions salines par les plantes: il a toujours constaté, en effet, que les végétaux aquatiques dont il maintenait les racines dans des dissolutions de diverses natures absorbaient beaucoup plus d'eau que de sel.

L'auteur n'a pas la prétention d'avoir expliqué tous les phénomènes qui ont trait à l'accumulation des principes minéraux dans les plantes : c'est ainsi qu'il est encore impuissant à donner une interprétation de l'absence de la soude dans certains végétaux, si nettement établie par M. Peligot; c'est ainsi qu'il aurait fallu montrer, pour expliquer que les légumineuses ne prennent pas de silice comme les graminées, que la cellulose des unes n'est qu'isomère et non identique à celle des autres; mais on sait aujourd'hui, grâce aux recherches de M. Fremy, qu'on a confondu à tort, en une seule espèce, toutes les matières qui forment comme le squelette des végétaux ; elles constituent sans doute un genre composé de nombreuses espèces isomères, et non une espèce unique, et dès lors rien n'empêche de supposer que la cellulose des graminées n'est pas identique à celle des légumineuses.

En terminant l'exposé de ces recherches, il n'est peut-être pas inutile de faire remarquer qu'avant la publication du Mémoire couronné par l'Académie, on n'avait pas encore essayé de donner une explication rationnelle du choix exécuté par les plantes parmi les substances diverses qu'elles trouvent dans le sol.

II

Sur l'évaporation de l'eau et la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles des végétaux.

(Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. LXIX, p. 381, 1869. — Annales des sciences naturelles, t. XII, 5ᵉ série, p. 5. — Annales de chimie et de physique, t. XX, p. 228, 1869.)

III

Sur l'évaporation de l'eau et la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles sous l'influence de divers rayons d'égale intensité.

(Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. LXIX, p. 929, 1869.)

Il est reconnu aujourd'hui que les principes immédiats qui se forment dans les feuilles de végétaux n'y persistent pas indéfiniment, mais se transportent dans la graine ou sont résorbés dans les bois. L'auteur s'est occupé d'abord de la migration des principes immédiats dans les plantes herbacées, et il a voulu étudier d'abord un des phénomènes qui paraissent liés à la production et au transport des principes immédiats, c'est là l'objet des recherches insérées aux numéros II et III.

Pour déterminer la quantité d'eau évaporée par les feuilles de différents âges, placées dans des conditions variables, l'auteur a placé des feuilles adhérentes encore à la plante qui les avait produites dans un petit tube d'essai ordinaire où elles étaient pincées par un bouchon fendu, et il les a exposées à l'action du soleil.

La quantité d'eau évaporée au soleil par les jeunes feuilles est énorme : elle atteint souvent, en une heure, le poids de la feuille elle-même ; elle le dépasse parfois de moitié ; au mois de juillet 1870, malgré une sécheresse prolongée, des jeunes feuilles de maïs donnaient, en une heure, une fois et demie leur poids d'eau.

Dans les conditions précédentes, l'évaporation se continue dans une atmosphère saturée presque aussi bien que dans une atmosphère sèche ; elle est beaucoup plus active chez les jeunes feuilles que chez les feuilles âgées ; d'accord avec Guettard, l'auteur a reconnu que la partie supérieure des feuilles, qui, en général, d'après M. Boussingault, décompose mieux l'acide

carbonique quo la partie inférieure, émet aussi une plus grande quantité d'eau.

Il semble, au reste, que toutes les circonstances qui favorisent la décomposition do l'acide carbonique par les feuilles favorisent également l'évaporation ; c'est ainsi que, dans des manchons rouge et jaune, on a obtenu plus d'acide carbonique décomposé et plus d'eau émise, quand bien même on s'est efforcé d'avoir des dissolutions laissant passer une lumière aussi intense que dans des manchons verts ou bleus. On a reconnu de même, en plaçant les feuilles dans les diverses parties du spectre solaire, que les rayons jaunes et rouges ont déterminé une évaporation plus abondante que les bleus et les verts.

Le parallélisme de ces deux fonctions, évaporation de l'eau et décomposition de l'acide carbonique, est toujours si complet, que l'auteur a cru pouvoir terminer son travail en disant « qu'il semble exister entre ces deux phénomènes uno liaison qui avait jusqu'à présent échappé aux observateurs, et dont il reste à déterminer la nature ».

IV

Sur les métamorphoses et les migrations des principes immédiats dans les végétaux herbacés.

(Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. LXIX, p. 1369, 1869. Chimie agricole de Dehérain, 1873, p. 208.)

V

Sur le développement de l'avoine.

(Travail inédit en collaboration avec M. Monnet, attaché à la station de Grignon.)

Le mémoire n° V n'est qu'une application à un cas particulier des recherches poursuivies pendant plusieurs saisons et dont une première idée a été donnée dans le mémoire n° IV. Le travail sur l'avoine n'est pas encore terminé ; une seconde année d'observation est nécessaire pour éclairer quelques points restés obscurs. Dans ce mémoire l'auteur a voulu déterminer les changements de composition que présente une plante herbacée depuis le moment où la graine est déposée dans le sol jusqu'à l'époque de la récolte.

Les nombreuses déterminations numériques qui ont été faites ont porté sur le poids relatif des racines, des tiges garnies de leurs feuilles pour les premières périodes, des racines, du bas et du haut des tiges pour la seconde, enfin des racines, de la tige avec ses feuilles et des épillets pour la dernière.

On a dosé dans chacun des échantillons recueillis l'eau, la matière soluble dans l'alcool éthéré, les matières azotées, la matière précipitable par l'acétate neutre de plomb (tannin, acides végétaux, acide phosphorique), par le sous-acétate de plomb (acide malique, acide métapectique, gommes), le sucre réducteur, le sucre non réducteur, les cendres. Malgré tous ses efforts, l'auteur n'a pu encore trouver un procédé de séparation convenable pour la cellulose et l'amidon; les tissus des jeunes plantes sont formés par une matière tellement attaquable par les réactifs faibles qu'on devrait porter au tableau de l'analyse un nombre considérable pour l'amidon bien que le microscope soit impuissant à en déceler la moindre trace dans les jeunes organes examinés.

Si on compare, à l'époque des diverses prises d'échantillon de l'avoine, le poids de la racine à celui de la tige, on trouve qu'à l'origine (15 avril) la racine forme à peu près le tiers du poids total de la plante *sèche;* ce rapport change peu à peu, il est à peu près de 1 pour 100 pendant la majeure partie du développement de la plante et tombe à 7 pour 100 au moment de la maturité.

Tant que la plante reste verte, la racine est moins aqueuse que la tige; mais au moment où la maturation commence la tige se dessèche plus vite que la racine.

La jeune racine renferme des proportions notables de matières azotées, de tannin, de gomme; elle renferme également du sucre de canne, et les matières minérales atteignent 17 pour 100 de la matière sèche; la racine s'appauvrit à mesure que la plante se développe, et au moment de la maturité elle ne renferme plus que des traces de matières solubles dans l'eau, les matières azotées tombent de 16 pour 100 de matière sèche à l'origine (15 avril) à 3 pour 100; les matières minérales ne forment plus que 5 pour 100 de la matière sèche le 15 juillet. Ainsi la racine s'appauvrit régulièrement à mesure que la plante se développe.

Quand on examine les tiges à divers moments de leur développement en considérant l'ensemble de la partie aérienne, tiges, feuilles et épillets, on reconnaît que pour 100 parties de matière sèche la matière azotée va toujours en diminuant; les matières précipitables par l'acétate neutre de plomb et le sous-acétate, acides végétaux, produits pectiques, tannins, gommes, très-

abondants à l'origine, diminuent de poids régulièrement(1); le sucre de canne se montre dès l'origine, il semble éprouver un maximum vers le 15 juin, puis diminue à son tour; le glucose n'a pu être dosé que le 15 juin; avant cette époque la plante n'en renfermait que des traces; le 15 juillet la quantité était la même que celle qu'on avait constatée le 15 juin; l'amidon et la cellulose ont toujours été en augmentant; la proportion des cendres est passée de 11 pour 100 de matière sèche à 7,6 au moment de la dernière prise d'échantillon; enfin la chlorophylle diminue régulièrement mais lentement pendant toute la durée de la végétation.

On n'aurait toutefois qu'une idée fausse sur la production des principes immédiats dans les plantes herbacées si on rapportait tous les nombres à un poids fixe de la plante, il faut tenir compte de son développement sur une surface donnée, et par suite recueillir au moment de la moisson la plante entière sans en rien perdre, ce qui exige des précautions particulières qui seront prises en 1877.

On le voit, la composition d'une plante herbacée est très-complexe et très-variable : quels sont parmi ces principes immédiats ceux qui ont une importance réelle pour le développement, ceux qui devront contribuer à la formation de la graine sa fin dernière? quels sont au contraire les produits secondaires qui proviennent des réactions chimiques qui se passent dans la plante mais qui n'ont qu'un moindre intérêt pour la formation des graines? c'est là ce qui est difficile à déterminer, car s'il est permis de croire qu'un principe immédiat qui disparaît par combustion lente avait moins d'importance que celui qui persiste pendant toute la durée de la végétation, on ne peut pas affirmer, par cela seul qu'un produit disparaît, qu'il ait été brûlé, car les transformations des hydrates de carbone sont fréquentes, et la disparition peut être due non pas à une combustion, mais à une transformation. Sans douc avoir l'espoir de tirer de notre examen des preuves certaines de l'importance relative des divers principes immédiats, il nous a paru important de déterminer séparément la composition du haut et du bas des tiges.

Les analyses se sont beaucoup multipliées pendant la fin du mois de juin et le mois de juillet. Or, si on examine rapidement les différences signalées par les dosages, on trouve que la matière soluble dans l'éther, les matières azotées et le glucose sont plus abondants dans le haut que dans le bas des tiges, que le sucre de canne est à peu près le même en haut et en bas, que le tannin est beau-

(1) La séparation des matières précipitées par les divers acétates de plomb est très-laborieuse; c'est précisément parce qu'elle n'a pu être faite convenablement en 1876 que le mémoire n'a pas encore été publié.

coup plus abondant en bas qu'en haut, et qu'enfin la matière précipitable par le sous-acétate de plomb disparaît complétement dans le haut des tiges; après qu'on a précipité par l'acétate neutre de plomb, on ne trouve plus rien à précipiter par le sous-acétate.

L'auteur s'est efforcé de comprendre comment les principes immédiats passent successivement des feuilles du bas vers les feuilles supérieures, pour venir enfin s'accumuler dans la graine, et de dévoiler le mécanisme de cette migration, mise hors de doute par l'observation journalière des cultivateurs, et rigoureusement démontrée, ainsi qu'il a été dit, par les importantes recherches de M. Isidore Pierre sur le développement du colza et du blé.

Les expériences de l'auteur sur l'évaporation de l'eau lui avaient montré que les jeunes feuilles émettent, dans le même temps, beaucoup plus d'eau que les feuilles plus âgées, et il résolut de rechercher si cette différence dans la transpiration ne suffirait pas à expliquer la migration des principes immédiats des feuilles inférieures aux supérieures; il construisit donc un appareil schématique dans lequel deux mèches de coton imbibées de dissolutions salines différentes et susceptibles d'agir l'une sur l'autre, en donnant des précipités colorés, plongeaient dans le même liquide : l'une de ces mèches évaporait librement l'eau qu'elle renfermait et qu'elle puisait par sa partie immergée, tandis que l'évaporation de l'autre se trouvait arrêtée par son séjour dans une atmosphère saturée; après quelques jours, on reconnut que le sel contenu dans la mèche privée d'évaporation l'avait abandonnée et, cheminant à travers l'eau, était parvenu jusqu'à la mèche dont l'évaporation était active; le transport avait été déterminé par la différence d'évaporation, et l'on en pouvait conclure que les principes immédiats contenus dans une feuille âgée à faible puissance évaporatoire sont attirés par les feuilles plus jeunes dont l'évaporation est plus active, quand la quantité d'eau que la plante puise dans le sol est insuffisante à combler l'immense dépense qui a lieu pendant les journées où la lumière est éclatante.

Il restait à expliquer comment tous les principes immédiats élaborés dans les feuilles et transportés des feuilles du bas vers les feuilles supérieures les abandonnent au moment de la maturation, pour venir s'accumuler dans la graine; on y réussit aisément, en faisant remarquer que les graines ne renferment que des principes insolubles, et que, par suite d'une réaction dont le détail est encore inconnu, le glucose s'y métarmorphose en amidon et l'albumine en gluten; or l'auteur a montré, dans un travail précédent, que lorsqu'on détermine, dans un point d'une dissolution, la précipitation de la matière

dissoute, c'est précisément en ce point que s'accumule la totalité de la matière, si la cause précipitante continue d'agir. (*Voy.* p. 5.)

C'est dans la graine que les principes immédiats deviennent insolubles, c'est donc dans la graine qu'ils doivent s'accumuler. Cette intervention des phénomènes de diffusion dans la migration des principes immédiats a été également proposée par M. Sachs. Le savant physiologiste allemand et l'auteur étaient ainsi arrivés, à l'insu l'un de l'autre, à expliquer de la même façon cet important phénomène. [Debérain, *Annuaire scientifique de* 1867 (écrit en 1866, p. 407). — Sachs, *Physiologie végétale*, traduction française, 1868].

Il est facile de montrer, en effet, que la présence de la graine est nécessaire pour que la migration des principes immédiats de la plante se fasse du bas de la tige vers son sommet; si l'on enlève à un pied d'avoine au mois de juillet les épillets au moment où ils commencent à se développer, on reconnaît que la tige qui les portait se dessèche peu à peu, et si on examine séparément le haut et le bas de cette tige, on trouve que les matières azotées, le sucre de canne et le glucose sont plus abondants dans la partie inférieure, contrairement à ce qui a lieu d'ordinaire, les principes solubles refluent ainsi vers la racine d'où s'élance bientôt une nouvelle tige qui se couvre presque aussitôt de jeunes épis. La migration est ainsi déterminée par la précipitation à l'état insoluble qui a lieu dans la graine; quand celle-ci disparaît, la plante reste verte pendant beaucoup plus longtemps. L'auteur a eu occasion de montrer souvent à ses auditeurs du Jardin des Plantes des pieds de blé ou d'orge encore verts au milieu d'autres absolument mûrs; ceux qui n'avaient pas jauni avaient été dépouillés de leurs graines par les oiseaux au moment de leur formation.

VI

Sur le développement des tubercules des pommes de terre en l'absence des parties vertes.

(Annuaire scientifique, 1869, p. 221.)

Les maraîchers de Paris savent produire pendant l'hiver des pommes de terre nouvelles à l'aide des tubercules anciens, et cela sans que la plante émette habituellement de fanes; il semblait y avoir là une anomalie aux lois ordinaires de la végétation ; on ne concevait pas comment de la matière végétale pouvait être produite en dehors de l'action de la lumière, et l'on résolut

de procéder à une observation régulière pour reconnaître comment les choses se passaient.

Sous la direction de M. Decaisne, qui voulut bien le guider dans cette opération, M. Dehérain fit planter, au mois de janvier 1868, dans un des carrés du Muséum, plusieurs lots de pommes de terre de la variété Marjolin rigoureusement pesés. On fit la récolte au mois de mars, avant que les fanes eussent apparu.

On trouva que les pommes de terre n'étaient pas restées inactives ; toutes avaient émis des filets qui se renflaient par place en petits tubercules ; mais, en pesant, on reconnut une perte considérable : les nouveaux tubercules s'étaient formés aux dépens des anciens, comme les jeunes tissus d'une graine germée aux dépens de la réserve qu'elle renferme ; il y avait eu déplacement de matière, mais non formation de matière nouvelle, et, contrairement à ce qu'on enseigne souvent, il n'y avait pas eu élaboration de matière végétale en l'absence de la lumière.

VII

Recherches sur la germination.

En collaboration avec M. E. Landrin, ex-préparateur au laboratoire de Culture (1).

(Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. LXXVIII, p. 1488, 1874. Annales des sciences naturelles (Botanique), t. XIX, p. 358, 1874.)

VIII

Nouvelles recherches sur la germination.

(Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. X, p. 198, 1875. Annales agronomiques, t. I, p. 229, 1875.)

On sait qu'aussitôt qu'une graine vivante est placée au contact de l'air et de l'humidité et exposée à une température convenable, elle germe. Cette germination est accompagnée d'un dégagement d'acide carbonique.

(1) M. Dehérain a été appelé par M. Decaisne, en 1872, à diriger les travaux du laboratoire de l'École des hautes études annexé à la chaire de Culture ; il a pensé que le meilleur enseignement qu'il pût donner aux jeunes élèves du Muséum était de les prendre successivement comme collaborateurs. C'est ainsi qu'on trouvera dans les pages suivantes des mémoires publiés avec la collaboration de M. Vesque, docteur es sciences ; de M. Landrin, licencié es sciences ; de M. Moissan. D'autres travaux sont commencés avec la collaboration de M. Plicque et de M. Saint-André stagiaire de l'École de Grignon.

A quelle cause faut-il attribuer cette oxydation rapide des tissus qui se manifeste par le dégagement de l'acide carbonique ?

Les auteurs attribuent le commencement du phénomène à une condensation des gaz atmosphériques dans les tissus de la graine ; cette condensation est forcément accompagnée d'un dégagement de chaleur qui favorise l'action comburante de l'oxygène.

On remarque en effet, quand on fait germer une graine dans une atmosphère limitée formée d'air normal ou d'oxygène que le volume du gaz diminue ; cette diminution est parfois sensible avant l'apparition de l'acide carbonique ; elle porte toujours sur l'oxygène parfois aussi sur l'azote. Dans d'autres expériences, au lieu de voir les deux gaz de l'atmosphère diminuer de volume par le contact des graines, on trouve que l'oxygène seul a été absorbé, mais qu'il a été partiellement remplacé dans l'atmosphère ambiante par un dégagement d'azote.

Ces résultats ayant été révoqués en doute, M. Debérain a répété les expériences qui avaient été faites avec la collaboration de M. Landrin par une autre méthode. Au lieu de chercher à voir le volume d'un gaz diminuer au contact des graines au commencement de la germination, il a extrait les gaz contenus dans les graines avant et après la germination au moyen de la machine d'Alvergniat, et il a pu montrer aisément que les gaz étaient beaucoup plus abondants dans les graines germées que dans les graines normales ; les essais ont porté sur du blé, de l'orge, des baricots. On savait déjà par les recherches de M. Van Tiéghem que les graines renferment des gaz ; les expériences de l'auteur ont prouvé notamment, dans une des expériences, que 100 grammes de haricots renfermant avant la germination 31^{cc},1 de gaz, on en pouvait extraire après huit jours de germination 117^{cc} ; ces gaz ayant été extraits de haricots dépouillés de leur testa, on peut affirmer qu'ils n'étaient pas logés entre le testa et les cotylédons, mais bien condensés dans les tissus eux-mêmes.

IX

Sur la végétation dans l'obscurité.

(Bulletin de la Société chimique, t. II, p. 136, 1864.)

X

Sur la respiration des plantes aquatiques.

(Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. LXVIII, p. 178, 1868. — Annales des sciences naturelles, t. IX, 5e série, p. 267.)

Tous les physiologistes savent depuis longtemps que dans l'obscurité les végétaux cessent de décomposer l'acide carbonique, vivent à la façon des animaux et brûlent leurs tissus en transformant l'oxygène ambiant en acide carbonique ; c'est particulièrement en étudiant les plantes marécageuses qu'on peut mettre ces faits en évidence : quand on place des *Elodea* ou des *Potamogetons* dans une eau aérée, puis qu'on maintient les plantes dans l'obscurité, on ne tarde pas à les voir noircir ; l'eau devient infecte et tous les signes de décomposition apparaissent successivement. Si l'on analyse l'atmosphère de l'eau dans laquelle les plantes ont péri, on reconnaît que l'oxygène a été complétement absorbé ; il ne reste en dissolution que de l'acide carbonique et de l'azote ; les plantes sont mortes asphyxiées.

L'auteur avait eu occasion d'observer ces faits dans quelques expériences exécutées en 1864, pour répondre à une seconde question posée par la Commission du prix Bordin de 1863 (1). En 1868, il put répéter ces observations sur une grande échelle. Pendant cette année l'étang de l'École de Grignon se couvrit d'une couche de lentilles d'eau tellement serrée, qu'elle semblait faire un tapis de verdure sans solution de continuité et que de petits oiseaux pouvaient s'y ébattre sans faire céder sous leur poids le lacis végétal qui couvrait la surface de l'eau. Bientôt une odeur infecte se répandit autour de l'étang, et l'on vit apparaître nombre de poissons morts ; on retira ainsi de l'étang plusieurs centaines de kilogrammes de poissons qui furent complétement perdus pour l'alimentation.

Il est bien à remarquer que ce fut seulement quand toute la surface de l'étang fut couverte par la lentille d'eau que les poissons périrent ; et quand il fallut trouver la cause de la mortalité qui avait sévi sur eux, l'auteur eut l'idée de rechercher la composition de l'atmosphère dissoute dans l'eau de l'étang ; on puisa celle-ci dans des bouteilles remplies d'azote suivant la prescription

(1) « Comment se produisent les altérations que les végétaux aquatiques font éprouver à l'eau qui les entoure et au sol dans lequel plongent leurs racines, altérations si fortement accusées par l'insalubrité des lieux marécageux et les gaz qui s'échappent du sol sous-jacent ? »

donnée par M. Peligot dans ses remarquables travaux sur les eaux; et les ballons dans lesquels l'eau fut placée pour être soumise à l'ébullition furent également remplis d'azote; les gaz de l'eau chassés par l'ébullition furent enfin analysés, et l'on reconnut qu'ils étaient exclusivement composés d'acide carbonique et d'azote; l'oxygène manquait absolument.

L'interprétation des phénomènes était dès lors facile à établir : la lentille d'eau en s'étendant sur l'étang avait plongé les eaux dans l'obscurité, et dès lors les plantes submergées (*Ceratophyllum*, *Submersum*, *Potamogeton pectinatum*) qui y vivent habituellement avaient cessé de décomposer l'acide carbonique; elles avaient, au contraire, vécu à la façon des animaux en absorbant l'oxygène dissous; il s'est donc établi entre les plantes devenues consommatrices d'oxygène et les poissons, une lutte pour ce gaz qui fut bientôt consommé; les poissons d'abord, les plantes ensuite, périrent asphyxiés. Pour éviter ces pertes il eut fallu non pas enlever les plantes submergées, mais écumer la lentille pour que la lumière pénétrant dans l'eau rendît aux plantes la faculté de décomposer l'acide carbonique; elles auraient ainsi fourni aux poissons une ample provision d'oxygène dissous.

XI

Sur l'absorption d'oxygène et l'émission d'acide carbonique par les plantes maintenues dans l'obscurité.

En collaboration avec M. H. Moissan, attaché au laboratoire de culture.

(Comptes rendus de l'Académie des sciences, t. LXXVIII, p. 1112, 1874. — Annales des sciences naturelles (Botanique), t. XIX, p. 321, 1874.)

Les naturalistes distinguent aujourd'hui dans les végétaux deux fonctions complétement différentes dans leurs manifestations extérieures bien que tendant au même but, l'accroissement de la plante et la formation d'organes destinés à la reproduire.

Tandis que les fonctions de nutrition, comprenant la décomposition de l'acide carbonique de l'eau, l'assimilation des matières azotées et des principes minéraux, ont été l'objet de travaux nombreux et variés, les fonctions de respiration qui se manifestent par l'absorption d'oxygène et l'émission d'acide carbonique n'ont encore été qu'incomplétement étudiées.

Les auteurs se sont particulièrement occupés, dans ce premier travail, de la respiration des feuilles; ils sont arrivés aux conclusions suivantes :

1° Les quantités d'acide carbonique émises par des feuilles caduques dans l'obscurité sont comparables à celles que produisent les animaux inférieurs (grenouilles, vers à soie, hannetons, etc.).

C'est ainsi qu'à l'aide des nombres trouvés par MM. Regnault et Reislt, on trouve qu'en 10 heures, 100 grammes d'animal produisent au plus 0gr,110 d'acide carbonique ; à la même température (16° ou 17°), le même poids de feuilles de tabac respirant pendant le même temps a donné 0gr,164 d'acide carbonique, l'oseille (*Rumex Acetosa*) 0gr, 159, mais le *Pinus Pinaster* n'a plus fourni que 0gr, 095 d'acide carbonique.

2° Ainsi que l'avait observé M. Garreau, la quantité d'acide carbonique émise par les feuilles augmente avec l'élévation de la température à laquelle elles sont soumises (1).

3° La quantité d'oxygène absorbé par les feuilles surpasse la quantité d'acide carbonique produite ; la différence est surtout sensible aux basses températures.

4° Les feuilles plongées dans une atmosphère dépouillée d'oxygène continuent d'y émettre de l'acide carboniquo pendant plusieurs jours aux dépens de leurs propres tissus ; cette émission paraît ne cesser que lorsque toutes les cellules sont mortes (2). La résistance à l'asphyxie par absence d'oxygène varie sensiblement d'une espèce à l'autre.

5° La combustion du carbone dans les tissus de la plante accusée par l'émission d'acide carbonique est certainement accompagnée d'un dégagement de chaleur ; celle-ci n'est pas sensible, elle est donc employée à un travail dont il reste à déterminer la nature. Les auteurs ont émis l'hypothèse que la combustion lente qui prend naissance dans les feuilles produit la chaleur nécessaire à la formation des principes immédiats qui s'y élaborent. On remarque, en effet, que l'émission de l'acide carbonique est favorisée par la chaleur obscure, qui exerce aussi une influence décisive sur la rapidité de croissance des plantes ; tellement que les horticulteurs ont reconnu utile, depuis longtemps, de perdre une partie de la chaleur lumineuse que déverse le soleil, en maintenant les plantes sous des abris vitrés où se concentre au contraire la chaleur obscure.

(1) Ce résultat a été contrôlé récemment par M. Mayer, mais avec cette différence que le physiologiste allemand trouve que l'émission d'acide carbonique est simplement proportionnelle à l'élévation de température, tandis que MM. Dehérain et Moissan avaient trouvé que cette émission croît progressivement avec la température (*Annales agronomiques*, t. II, p. 605, 1876).

(2) M. Bœhm est arrivé aux mêmes résultats. (Voy. *Annales des sciences naturelles*, Botanique, t. XIX, p. 181, 1874.)

XII

Sur la respiration des racines.

En collaboration avec M. J. Vesque, préparateur au laboratoire de culture.

(Annales des sciences naturelles, t. III, p. 827, 1876. — Annales agronomiques, t. II, p. 512, 1876.)

Les auteurs ont fait reprendre des boutures de lierre, de véronique, de laurier-rose dans un sol stérile de pierre ponce complétement privée de matière organique. Le sol était lui-même contenu dans un appareil où il était facile de faire arriver l'eau d'arrosage, de suivre, à l'aide d'un manomètre et d'un thermomètre, les changements de la pression intérieure, enfin, de prélever des échantillons du gaz qui avait séjourné au contact des racines.

L'expérience a montré que les racines absorbent de l'oxygène qu'elles ne remplacent que par une quantité moindre d'acide carbonique (1); elles font donc un vide partiel dans le vase où elles séjournent; la quantité d'azote a été trouvée sensiblement constante.

Quand on remplace l'air ordinaire par de l'oxygène pur, les racines en absorbent une quantité notable, et la pression diminue beaucoup dans le vase où elles séjournent; la plante ne paraît nullement souffrir de ce changement dans l'atmosphère du sol, mais il n'en est plus ainsi quand on remplace l'oxygène par de l'acide carbonique ou de l'azote. Les plantes ne peuvent supporter longtemps le manque d'oxygène, et elles ne tardent pas à périr.

Ainsi, pour qu'une plante vive, il ne suffit pas que sa tige soit placée dans l'air, il faut encore que ses racines trouvent dans le sol l'oxygène nécessaire à leur respiration.

L'utilité du drainage est donc non-seulement de faire écouler, d'un sol imperméable, l'eau qui y séjourne, c'est aussi de favoriser l'aération du sol et la pénétration de l'oxygène dans la terre jusqu'aux racines. Cette importante conclusion n'avait pas échappé à l'illustre directeur du Muséum, M. Chevreul, qui, avec sa sagacité habituelle, avait annoncé, lors des discussions qui s'élevèrent à la Société centrale d'agriculture, que, parmi les avantages que présenterait le drainage, se trouverait une pénétration plus facile de l'air atmosphérique jusqu'aux racines des végétaux.

(1) L'émission de l'acide carbonique par les racines a été observée par Th. Saussure, Sachs, et plus récemment par M. Corenwinder et M. Barthélemy.

XIII

Recherches sur la respiration des bourgeons, des rameaux, des pétales.

En collaboration avec M. H. Moissan, attaché au laboratoire de culture.

(Inédit.)

Ce travail n'est pas encore terminé, mais les nombreuses observations déjà faites permettent de conclure que tous les organes des végétaux absorbent de l'oxygène et émettent do l'acide carbonique.

Le savant physiologiste du Muséum, M. Cl. Bernard, a insisté, dans ses leçons, sur les phénomènes communs aux végétaux et aux animaux. Parmi eux se place, au premier rang, la respiration; tant que la fonction chlorophyllienne n'est pas en jeu, tant que les parties vertes ne sont pas éclairées, et par suite ne peuvent pas décomposer l'acide carbonique, toutes les parties de la plante respirent à la façon des animaux; chez elle, comme chez les animaux inférieurs, la fonction respiratoire n'est pas localisée, elle s'exerce par tous les organes, et aucun d'eux ne peut être soustrait à l'action de l'oxygène sans périr. Ainsi que nous l'avons vu par l'extrait du mémoire précédent, quand c'est la racine qui est privée d'oxygène, elle meurt, et sa mort entraîne celle de la plante elle-même.

CULTURE

ENGRAIS. — AMENDEMENTS. — TERRE ARABLE.

Aussitôt que M. Dehérain fut attaché à l'École de Grignon (1865), il songea à utiliser les conditions dans lesquelles il se trouvait placé pour installer un certain nombre d'expériences de culture.

Ses premières recherches portèrent sur l'influence des engrais de potasse.

XIV

Recherches expérimentales sur l'emploi agricole des sels ae potasse.
(1re série d'essais.)

(Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. LXIV, p. 863 et 971. — Bulletin de la Société chimique, t. VII, p. 8 et 75, 1867.)

XV

Recherches expérimentales sur l'emploi agricole des sels de potasse.
(2e série d'essais.)

(Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. LXVI, p. 322 et 494. — Bulletin de la Société chimique, t. X, p. 91, 1868.)

La découverte d'un gisement important de sels de potasse formant la partie supérieure de l'amas énorme de sel gemme de Stassfurt-Anhalt et la création de plusieurs usines destinées au traitement des sels bruts mirent, vers 1865, à la disposition des cultivateurs, à des prix assez bas, des quantités notables de sels de potasse. On semblait, en Allemagne, les avoir employés avec quelque avantage, et l'auteur, disposant à ce moment du champ d'expé-

riences de l'École de Grignon, n'hésita pas à tenter l'essai de ces produits au moment même où ils allaient apparaître sur le marché français.

Pendant la saison 1865-1866 on disposa deux séries d'expériences dans deux terres très-différentes; dans l'une on cultiva des pommes de terre et des betteraves; dans l'autre on adjoignit du blé aux tubercules et aux racines. Chacun des essais comprenait quatre carrés de quatre ares : l'un ne recevait pas d'engrais de potasse et était considéré comme témoin; le second recevait un engrais de potasse assez complexe, mais livré à bon compte; l'autre, du sulfate de potasse purifié, beaucoup plus cher; enfin, le troisième carré était amendé avec un sulfate de potasse et de magnésie venant des usines de MM. Merle, à Alais. On donna à chacun des carrés des quantités d'engrais renfermant le même poids de potasse.

On reconnut, pendant cette saison, que, si les sels de potasse avaient sensiblement amélioré la récolte du froment, tellement que dans l'un des carrés la récolte était double de celle qu'avait fournie le carré sans engrais de potasse, ils n'avaient amené dans les cultures de betteraves et de pommes de terre qu'une augmentation très-faible et insuffisante pour payer la dépense qu'avait occasionnée leur acquisition.

L'année suivante les cultures eurent lieu sur une même terre; elles furent disposées les unes à côté des autres, de façon à être de tous points comparables, et l'on reconnut encore que si les engrais de potasse laissaient un bénéfice notable lorsqu'ils étaient employés sur le froment, ils ne donnaient que peu ou pas de bénéfices quand ils étaient répandus sur les pommes de terre ou les betteraves.

Les résultats de 1866 et de 1867, groupés ensemble, se résument comme suit :

1° On a fait, sur la culture des betteraves, treize essais à l'aide des sels de potasse, dans trois terres très-différentes et pendant deux saisons, et *dans ces treize expériences l'emploi des sels de potasse a été désavantageux;*

2° On a encore fait treize essais d'emploi des sels de potasse sur la culture des *pommes de terre* pendant deux saisons, sur trois terres différentes, et *onze fois sur treize on a été constitué en perte;*

3° On a fait, pendant les deux saisons 1865-66 et 1866-67, douze essais d'emploi des sels de potasse sur la culture du *froment*, et *dix fois sur douze on a obtenu des bénéfices.*

L'excès de betteraves récolté sous l'influence des sels de potasse a toujours été insuffisant pour payer la dépense d'engrais; l'excès de pommes de terre obtenu a été également insuffisant la plupart du temps, tandis qu'en employant

sur le même sol les sels de potasse à la culture du froment, on a, dépense d'engrais soldée, encore obtenu un bénéfice notable.

Si cependant on détermine la composition des cendres de blé, de pommes de terre et de betteraves, on reconnaît que, dans ces deux dernières espèces, la potasse est singulièrement plus abondante que dans la première, de telle sorte que, dans ces expériences, toujours exécutées comparativement sur des carrés voisins les uns des autres et tracés dans la même pièce, les plantes qui payèrent la dépense des sels de potasse furent précisément celles qui renfermaient dans leurs cendres la plus petite quantité d'alcali.

On déduit naturellement de ces expériences que la composition des cendres d'une plante n'indique pas la nature des engrais minéraux qu'il convient de lui fournir; cette conclusion, en opposition avec ce qui est généralement admis, est identique à celles qui découlent des essais poursuivis en Angleterre par MM. Lawes et Gilbert, pendant de nombreuses années, avec une si louable persévérance (1). Plus récemment, M. Cloëz est encore arrivé à formuler une opinion semblable (2).

Les recherches expérimentales sur l'emploi agricole des sels de potasse ont donc eu ce résultat pratique d'éviter les pertes considérables qu'auraient pu faire les agriculteurs français s'ils avaient cru devoir répandre des quantités notables de ces engrais sur les betteraves ou les pommes de terre; elles sont venues, en outre, justifier les considérations théoriques émises par l'auteur sur l'assimilation des substances minérales par les végétaux, où il fait voir que tous les minéraux qui existent dans les cendres d'une plante sont loin d'être également utiles à son développement.

On sait que les chimistes allemands avaient encore assuré qu'une des causes de la maladie de la pomme de terre était l'épuisement des sols cultivés en potasse assimilable par les plantes; les expériences exécutées à Grignon ne sont nullement favorables à cette opinion, puisqu'on a trouvé précisément autant de pommes de terre malades dans les lots venus sur les sols amendés avec les engrais de potasse que dans ceux qui n'en avaient pas reçu; enfin, les premiers travaux publiés de l'autre côté du Rhin affirmaient que les betteraves développées sur les sols amendés avec les sels de potasse renfermaient plus de sucre que celles qui n'avaient pas reçu cet engrais; les résultats obtenus à l'École de Grignon se trouvèrent encore en contradiction sur ce point avec ceux des chimistes allemands : les betteraves venues sur les sols

(1) *Revue des Cours scientifiques*, t. V, 1868.
(2) *Bulletin de la Société chimique*, t. XII, p. 32, 1869.

amendés avec la potasse renfermaient exactement la même quantité de sucre que celles qui s'étaient développées sans cet engrais, mais, en revanche, la proportion de cendres s'était élevée, circonstance défavorable à l'extraction du sucre, puisqu'on sait que les matières minérales, et notamment le sel marin, entraînent dans les mélasses un certain poids de sucre. M. Corenwinder a obtenu, de son côté, des résultats identiques aux précédents.

XVI

Recherches sur les betteraves à sucre.

EN COLLABORATION AVEC M. E. FREMY, MEMBRE DE L'INSTITUT.

Première année d'observation.

(Comptes rendus de l'Académie des sciences, t. LXXX, p. 778, 1875. — Annales agronomiques, t. I, p. 162, 1875.)

En abordant ces recherches les auteurs se sont préoccupés d'abord de déterminer l'influence du sol et des engrais sur la production du sucre par les betteraves.

Pour éviter toutes les incertitudes que présente la culture en pleine terre, et pour faire la part dans les recherches de l'influence du sol et de celle des engrais, les sols ont été composés d'une manière synthétique en faisant usage de matières dont la composition était connue, procédé de recherche que les travaux de M. Boussingault ont rendu classique.

On a ajouté à ces sols des produits chimiques en quantité rigoureusement déterminée de façon à suivre l'influence de chacun d'eux sur le développement de la plante.

Le premier fait intéressant qui ressort de ces expériences, c'est qu'il est possible d'obtenir des betteraves pesant de 700 à 800 grammes dans des sols artificiels absolument privés d'humus. Ces faits s'accordent avec ceux qui ont été constatés à différentes reprises par M. G. Ville. On a pu suivre, dans ces expériences, l'influence des divers engrais avec la plus grande netteté. Ainsi quand la betterave a été maintenue dans un sol stérile et qu'elle n'a reçu que de l'eau distillée elle a acquis seulement un poids de 25 grammes; c'est là une de ces plantes limites qu'a souvent obtenues M. Boussingault, et qui ne vivent qu'avec les traces d'ammoniaque contenues dans l'air; quand on a donné à la plante du chlorure de potassium et du superphosphate sans engrais azoté elle a acquis 75 grammes; quand on a donné de l'azotate de soude sans

phosphate elle est restée à 346 grammes; mais son poids s'est élevé à 700 et 800 grammes quand à l'engrais azoté se sont ajoutés le superphosphate de chaux et le chlorure de potassium.

En examinant la richesse en sucre des betteraves développées dans les différents tonneaux où se trouvaient les sels artificiels, on reconnut que celles qui avaient reçu les plus fortes proportions d'engrais azoté étaient les plus pauvres en sucre, et en joignant au dosage du sucre celui de l'azote de la matière sèche, on trouva que la proportion de sucre était d'autant plus faible que celle de l'azote était plus considérable.

Ces premiers résultats furent confirmés par de nombreuses analyses exécutées sur des racines provenant de diverses localités. Parmi les betteraves obtenues à Grignon dans la ferme extérieure, quelques-unes étaient extrêmement riches, elles renfermaient en général moins de 1 d'azote pour 100 de matières sèches; dans les betteraves pauvres, au contraire, l'azote dépassait 1 pour 100 et atteignait parfois 2. Une betterave provenant du département du Nord, qui ne renfermait que 5 pour 100 de sucre, a donné plus de 3 pour 100 d'azote dans la matière sèche.

Ces observations conduisirent à cette conclusion très-inattendue que, contrairement à l'opinion généralement admise, si les betteraves qui se développent dans certains terrains sont peu sucrées, ce n'est pas parce qu'ils ont été appauvris par des cultures répétées, c'est au contraire parce que, sous l'influence d'abondantes fumures, ils sont devenus trop riches en azote. Ces conclusions sont complétement d'accord avec les résultats obtenus par les agronomes qui se sont occupés des betteraves dans ces dernières années, et notamment par MM. Corenwinder, Pagnoul, Truchot et Ladureau.

XVII

Recherches sur les betteraves à sucre.

En collaboration avec M. E. Fremy.

Deuxième année d'observation.

(Comptes rendus de l'Académie des sciences, t. LXXXII, p. 943, 1876.—Annales agronomiques, t. II, p. 161, 1876.)

Dans cette seconde série d'expériences les auteurs ont cherché à déterminer l'influence qu'avait sur la production du sucre la nature de la variété cultivée; ils ont voulu en outre vérifier ce qu'ils avaient observé l'année pré-

cédente au sujet de l'influence fâcheuse de l'excès d'engrais azoté, et enfin ce qui avait été dit par divers auteurs de l'action des superphosphates. Les cultures ont été installées à Paris au Muséum, et à Verrières, avec l'aide de M. H. Vilmorin; elles ont porté sur des betteraves appartenant à des races parfaitement déterminées, qui ont été placées dans des conditions identiques, de façon que les différences dans les résultats ne puissent être attribuées qu'à la nature de la graine.

Quatre races furent ainsi mises en comparaison : deux appartenant aux betteraves améliorées de M. Vilmorin, deux autres à la variété dite à collet rose; chaque lot de graine fut soumis à l'influence de doses considérables d'azotate de soude égales dans tous les cas, et à des doses variables de superphosphates; enfin chacun des lots avait été cultivé, en outre, sur un sol n'ayant reçu qu'une fumure légère.

On trouva que, dans aucun cas, les racines développées sous l'influence de quantités notables d'azotate de soude données comme engrais n'atteignirent la quantité de sucre contenue dans les racines qui n'avaient pas reçu une fumure exagérée; celle-ci diminua la richesse saccharine de toutes les betteraves, mais cette diminution fut en quelque sorte proportionnelle à leur richesse initiale.

La valeur du porte-graine constatée par la richesse des betteraves cultivées avec une fumure légère est donc encore sensible sur les betteraves qui ont reçu des fumures exagérées; le procédé de culture choisi a modifié la composition de la betterave, mais il n'a pu rendre méconnaissables les caractères qu'elle tenait de ses ascendants.

Si l'influence de l'engrais azoté a été des plus manifestes, il n'en a plus été ainsi des phosphates; la différence de richesse entre les betteraves qui les avaient reçus et celles qui en avaient été privées est peu sensible. Il n'en est pas ainsi partout : c'est qu'il faut toujours avoir présente à l'esprit la notion si juste de l'engrais qu'a introduite l'illustre directeur du Muséum; il faut toujours se rappeler que l'engrais est la *matière utile à la plante qui manque au sol*, et que, par suite, si la terre sur laquelle on l'applique en est suffisamment fournie, son effet est nul, mais qu'il en sera tout autrement sur une autre terre où il fera défaut.

En calculant la quantité de sucre produite à l'hectare par les diverses variétés de betteraves cultivées, on a reconnu qu'un des *collets roses* avait fourni un chiffre beaucoup plus élevé que les *améliorées ;* cependant si les fabricants consentaient à payer les betteraves d'après leur valeur, il pourrait y avoir avantage à cultiver les betteraves appartenant aux bonnes variétés, car

on serait certain de ne jamais avoir de racines refusables par les usines, ce qui peut arriver avec les collets roses.

XVIII

Recherches sur les betteraves à sucre.

EN COLLABORATION AVEC M. E. FREMY.

Troisième année d'observation.

(Le mémoire est terminé, il paraîtra dans le 1er fascicule d'avril 1877 des *Annales agronomiques.*)

Pendant l'année 1876, les auteurs ont voulu de nouveau vérifier les résultats obtenus pendant les campagnes précédentes et reconnaître en outre l'influence qu'avait l'écartement laissé entre les racines sur leur richesse et sur le rendement à l'hectare.

Les expériences exécutées sur le domaine de Grignon ont vérifié l'influence fâcheuse des fumures exagérées; les betteraves les plus riches ont été obtenues sur un sol qui n'avait pas reçu d'engrais, les plus pauvres sur celui qui avait eu un grand excès de sulfate d'ammoniaque.

Au Muséum on a cultivé dans quatre sols différents des collets roses et des améliorées à côté les unes des autres; elles ont été placées à distances égales et ont reçu les mêmes engrais; les résultats de 1876 ont pleinement confirmé ceux de 1875, et on a vu une fois de plus que des betteraves appartenant à des races différentes élevées dans des conditions identiques, quelles que soient au reste ces conditions, renferment des proportions de sucre très-variables.

C'est à Verrières, avec l'aide de M. H. Vilmorin, qu'ont été disposées les expériences sur l'influence de l'écartement; on a reconnu que les betteraves à collet rose maintenues très-serrées de façon qu'il y eût douze racines par mètre carré atteignent un rendement considérable et conservent une richesse suffisante, plus de 11 pour 100, mais qu'au contraire le rendement à l'hectare et la richesse en sucre diminuent à mesure qu'elles sont plus écartées; les betteraves Vilmorin, même très-écartées (4 au mètre carré), n'acquièrent jamais les dimensions exagérées que prennent aisément les betteraves à collet rose, mais elles deviennent facilement trop petites quand elles sont placées à de faibles distances.

La culture serrée doit donc être recommandée quand on emploie les bette-

raves des variétés qui prennent facilement un grand accroissement; c'est là, au reste, une pratique qui tend à se répandre et qui aurait pour grand avantage de concilier les intérêts des cultivateurs et des fabricants, puisqu'on aurait à la fois de forts rendements et des betteraves d'une richesse suffisante.

Au point de vue de la pratique agricole les observations des auteurs peuvent donc se résumer dans les trois points suivants :

1° Un excès d'engrais azoté nuit à la quantité de la betterave ;

2° La betterave conserve, quel que soit le mode de culture qu'on lui fasse subir, les caractères qu'elle tient de sa race, mais le mode de culture influe cependant beaucoup sur le produit obtenu. En effet :

a. Des betteraves de qualité médiocre cultivées en lignes serrées conservent une richesse suffisante quand elles n'ont pas reçu des proportions exagérées d'engrais azoté.

b. Des betteraves de très-bonnes races perdent une partie de leur richesse quand elles reçoivent de très-fortes fumures.

On a cherché en outre à quelle cause il fallait attribuer la richesse des betteraves améliorées par MM. Vilmorin, la pauvreté que présentent souvent les collets roses; on a reconnu avec tous les observateurs qui se sont occupés des betteraves, que les zones de tissu cellulaire et de tissu fibro-vasculaire étaient d'importance très-inégale dans ces deux variétés. Tandis que dans les betteraves Vilmorin les zones de tissu fibro-vasculaire sont tellement serrées qu'il est difficile d'en séparer le tissu cellulaire, dans les collets roses, au contraire, le parenchyme prend un grand développement; or l'analyse démontre qu'il est à la fois plus aqueux, plus azoté et moins sucré que le tissu fibro-vasculaire, d'où l'on déduit que c'est à l'importance relative de ces deux tissus dans les deux variétés qu'il faut attribuer la différence de leur richesse en sucre. Ces observations sont d'accord avec celles qu'avaient faites autrefois MM. Decaisne et Peligot, et avec les observations plus récentes de M. Violette.

XIX

Cultures du champ d'expériences de Grignon.

(Annales agronomiques, t. II, p. 95, 1876.)

C'est seulement en janvier 1875, que l'Administration de l'Agriculture décida la création à l'école de Grignon d'une station agronomique et d'un champ d'expériences.

M. Dehérain fut chargé de diriger les essais; il s'adjoignit M. Boreau, chef

de pratique, pour surveiller les cultures, M. Maquenne, licencié ès sciences, répétiteur de chimie, et M. Monnet, chimiste, attaché à la station pour l'aider dans les nombreuses analyses qui devaient être exécutées.

Avant de distribuer les cultures sur le sol destiné à devenir le champ d'expériences, M. Dehérain voulut visiter les essais de culture scientifique les plus célèbres qui existent en Europe, ceux de Rothamsted installés sur le domaine de M. Lawes.

Les travaux de MM. Lawes et Gilbert ont fait voir qu'il est possible de cultiver indéfiniment certaines céréales sur le même sol sans leur donner d'autres engrais que des produits chimiques; il existe à Rothamsted des parcelles d'expérience d'une grande étendue sur lesquelles la culture du blé se perpétue sans engrais ou avec des produits chimiques depuis plus de trente ans; en revanche, il a été reconnu que certaines cultures, comme celles des légumineuses et notamment celle du trèfle, ne pouvaient être continuées pendant plusieurs années sans interruption que dans des sols de jardin; dans des terres arables ordinaires, la récolte manque après quelques années sans qu'il soit possible de la rétablir au moyen des engrais chimiques ou du fumier.

Cette différence d'alimentation parmi les végétaux, les uns pouvant prospérer quand ils rencontrent dans le sol des substances de constitution simple et absolument exemptes de carbone, azotates, sels ammoniacaux, phosphates, sels de potasse, les autres vivant seulement quand le sol est riche en produits ulmiques, est digne d'attirer l'attention du physiologiste et aussi celle de l'agronome qui doit se préoccuper aussi des difficultés financières que suscite le mode de culture à l'aide des engrais chimiques qu'adoptent quelques cultivateurs. Enfin les industriels qui s'occupent de la fabrication des engrais sont souvent désireux de savoir quelle efficacité présentent les mélanges qu'ils se proposent de mettre dans le commerce; il est utile d'essayer ces produits afin d'éclairer les cultivateurs qui voudraient les employer.

C'est dans le désir d'examiner ces diverses questions qu'on a disposé le champ d'expériences de Grignon dont le mode de culture n'a été fixé qu'après l'avoir soigneusement discuté avec le directeur de l'École; la longue expérience agricole de M. Dutertre et son habileté reconnue m'ont été d'un puissant secours, et je le prie de vouloir bien agréer ici l'expression de ma gratitude.

Le nombre des parcelles d'expériences est de 70; chacune d'elles a exactement la surface d'un are; on résolut de commencer les études par la culture de quatre des plantes les plus répandues actuellement; on choisit l'avoine, le maïs, les pommes de terre et les betteraves; d'autres parcelles furent réservées pour la culture des légumineuses.

Bien que quelques parcelles soient destinées aux cultures alternes, la plupart, au contraire, reçoivent chaque année le même poids du même engrais et on y cultive la même plante.

On a pensé réussir ainsi à mettre plus complétement en relief l'influence des divers modes de cultures; on verra si l'accumulation de l'humus sur les parcelles qui reçoivent constamment du fumier de ferme aura une influence heureuse; si, au contraire, la destruction de cet humus sur les parcelles qui ne reçoivent que des engrais chimiques se traduit par une diminution dans le poids de la récolte.

Les engrais et les récoltes sont rigoureusement pesés, en outre les plantes sont analysées quand il y a lieu, les résultats obtenus sont insérés aux *Annales agronomiques*, enfin chacun des comptes rendus des cultures est précédé d'une notice sur la climatologie de Grignon pendant la même année; on pourra sans doute dans quelque temps tirer de la comparaison des récoltes avec les circonstances atmosphériques des résultats intéressants.

Culture de l'avoine.

En 1875 le champ d'expérience sortait de luzerne, et l'une des meilleures récoltes fut celle de la parcelle sans engrais; les parcelles qui reçurent l'azotate de soude lui furent légèrement inférieures; celles qui reçurent du sulfate d'ammoniaque donnèrent au contraire des résultats un peu plus avantageux que ces dernières.

En 1876 il en fut tout autrement; la parcelle sans fumier donne encore 56 hectolitres 7, mais il n'en est que deux qui lui soient inférieures; les parcelles au fumier de ferme se placent au premier rang, puis viennent celles qui ont reçu les azotates; enfin les carrés fumés au sulfate d'ammoniaque n'ont donné qu'un moindre rendement.

Les différences observées en 1876 entre les diverses parcelles sont dues surtout à la sécheresse de la saison; on a déjà remarqué, en effet, que pendant les années sèches les nitrates exercent une action plus favorable que les sels ammoniacaux. C'est ce qu'ont observé particulièrement MM. Lawes et Gilbert, et ce qu'ils ont rapporté dans leur mémoire : *Sur la sécheresse à Rothamsted en* 1870 dont l'auteur a donné une traduction dans les *Annales agronomiques*.

Culture du maïs-fourrage.

Les résultats obtenus en 1876 sont des plus remarquables; en examinant le champ d'expérience, on voyait à la fin de juillet les maïs semés sur fumier

atteindre 1m,80; ceux qui s'étaient développés sur les nitrates avaient en moyenne 1m,30, et ceux qui avaient reçu du sulfate d'ammoniaque dépassaient à peine un mètre.

Ces différences sont dues sans doute à la facilité qu'a la terre amendée avec le fumier de ferme de retenir l'eau; on a trouvé, en effet, sensiblement plus d'eau au commencement d'août après une longue période de sécheresse dans les parcelles qui avaient reçu du fumier de ferme que dans celles qui avaient été amendées par les engrais chimiques, bien que le sol de ces parcelles eût dû perdre, par le fait de l'évaporation de l'admirable récolte qu'il portait, beaucoup plus d'eau que les autres.

La culture du maïs-fourrage s'est beaucoup développée depuis plusieurs années. D'après les expériences précédentes, il semble que le fumier de ferme soit l'engrais qui convienne davantage à cette plante quand elle est placée sur un terrain sec, il en serait peut-être autrement pendant une année pluvieuse ou sur une terre humide. Mais une autre question se présentait qui n'a pas une moindre importance et qui n'est pas encore nettement résolue; il s'agit de déterminer l'époque à laquelle cette plante doit être coupée pour offrir aux animaux le maximum de nourriture.

Pour réussir à déterminer l'époque la plus favorable pour la fauchaison on a coupé pendant dix semaines consécutives, dix bandes de dix centiares chacune, on a pesé en vert, puis on a séché un certain poids de récolte, on a trouvé ainsi que c'était vers le milieu du mois de septembre que la récolte a, cette année, donné son maximum de poids.

Culture des pommes de terre.

En 1875 la récolte a été très-belle sur toutes les parcelles; le carré sans engrais est celui qui a fourni la plus petite récolte; le fumier de ferme, les azotates et le sulfate d'ammoniaque ont été sensiblement égaux; il n'en a plus été de même en 1876, le fumier de ferme se place au premier rang avec une différence en sa faveur de plus de 100 hectolitres à l'hectare sur les engrais chimiques; l'azotate de soude est supérieur au sulfate d'ammoniaque, mais avec un faible avantage.

Il serait imprudent de tirer de ces faits aucune conclusion, les différences signalées étant peut-être dues à l'influence de la saison.

Toutefois il est un point à remarquer: c'est qu'en 1875 comme en 1876 on a trouvé beaucoup plus de tubercules malades sur les parcelles qui ont reçu du fumier de ferme que sur celles qui ont été amendées avec des produits

chimiques; il est très-possible que la fâcheuse habitude où l'on est de jeter les tubercules malades au tas de fumier soient la cause de la propagation de la maladie.

Observations sur le mode de distribution des engrais solubles.

La crainte que doit avoir le cultivateur, quand il emploie les engrais solubles, est de les perdre par dissolution dans les eaux qui courent à la surface du sol ou qui s'enfoncent dans les profondeurs; de là l'utilité qu'il peut y avoir à les répandre à plusieurs reprises à mesure des progrès de la végétation; pendant les deux saisons 1875–1876, plusieurs des parcelles du champ d'expériences ont reçu des poids égaux d'engrais identiques, mais sur les unes ils ont été donnés en une seule fois avant les semis, pour les autres en quatre fois, dont les deux dernières en couverture. On n'a pas encore remarqué d'avantage sensible dans ce mode d'opérer; on continuera cependant ces essais pendant les années suivantes.

De l'influence des engrais sur la composition des plantes récoltées.

On a vu plus haut que l'influence des engrais azotés sur la richesse en sucre des betteraves était des plus marquées, et que les racines étaient d'autant plus pauvres que la fumure avait été plus abondante.

En est-il de même pour d'autres plantes et peut-on espérer modifier la composition du grain de blé ou d'avoine, ou encore augmenter la formation de la fécule dans les tubercules de pommes de terre par l'emploi de certains engrais?

On a procédé en 1875 à l'analyse des grains d'avoine récoltés sur le champ d'expériences, on a déterminé également la composition des tubercules de pommes de terre. Mais ces analyses ont fait voir que les engrais n'avaient pas grande influence sur la composition des plantes étudiées. MM. Lawes et Gilbert étaient arrivés pour le blé à un résultat identique à celui que nous avons eu pour l'avoine, le blé developpé sur un sol bien fumé n'était pas sensiblement plus riche en gluten que celui qui avait crû sur un sol sans engrais.

Enfin les expériences exécutées en 1866 et 1867 sur les engrais de potasse avaient montré qu'il est difficile de changer la composition des tubercules de pommes de terre, c'est ce que sont venues confirmer les expériences de 1875; la richesse en fécule était peu variable et ne paraissait présenter aucune

relation avec la nature des engrais qu'avait reçus le sol sur lequel les plantes s'étaient développées.

Les seules plantes examinées dont la composition soit nettement influencée par l'abondance des engrais sont les betteraves: on a indiqué plus haut les résultats obtenus.

XX

Sur la composition de quelques terres arables.

(Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. LIV, p. 122. — Annales du Conservatoire des Arts et Métiers, t. II, p. 729. — Bulletin de la Société chimique, p. 8, 1862.)

L'auteur eut l'occasion d'étudier, grâce à l'obligeance de son maître, M. Decaisne, quelques échantillons de terres très-fertiles, provenant de la Russie et de l'Amérique méridionale, et il en détermina la composition comparativement à celle d'une terre d'une valeur médiocre du département de Seine-et-Marne, prise aux environs de Tournan, qui ne donnait de récolte rémunératrice qu'autant qu'elle était fumée.

Les deux terres noires de Russie, les Tchernoïzems, présentaient des richesses assez différentes : tandis que l'une accusait 2 grammes d'azote combiné par kilogramme, l'autre en renfermait moins de 1 gramme et n'était pas plus riche que la terre de Seine-et-Marne prise comme terme de comparaison; la terre de l'Amérique méridionale provenant des bords du Rio Parana, avait une richesse en azote moindre que la meilleure terre noire de Russie, mais supérieure à celle qui était la plus pauvre. Quand les analyses furent terminées, il devint manifeste qu'elles ne représentaient pas exactement la fertilité relative des terres étudiées, et qu'il était impossible de déduire de la composition d'un kilogramme de chacune d'elles le temps pendant lequel elles étaient capables de donner des récoltes sans engrais. Il fallait tenir compte d'un autre élément, de la masse de chacune de ces terres dans laquelle les racines pouvaient aller puiser leurs aliments; or, tandis que l'épaisseur de la terre de la Brie n'est guère que de 30 centimètres, celle de la terre noire de Russie atteint une profondeur de plus de 3 mètres, de telle sorte qu'en tenant compte du poids du litre de chacune d'elles, on arrive à se convaincre que le poids de la terre arable d'un hectare est, pour la terre de Russie, de 27 980 tonnes, et pour la terre de Tournan, de 3900 tonnes seulement.

Pour calculer la quantité d'azote combiné contenue dans un hectare de chacune de ces terres, il faut supposer qu'elles ont dans toute leur épaisseur la même composition qu'à la surface d'où provenaient les échantillons; cette hypothèse n'est pas tout à fait exacte, bien que M. Is. Pierre ait montré que, dans la plaine de Caen, on trouvait, jusqu'à une profondeur dépassant un mètre, plus d'un gramme d'azote combiné par kilogramme, et que l'auteur ait obtenu des résultats semblables dans les analyses qu'il a données des terres de Grignon prises jusqu'à une profondeur de $1^m,80$. L'erreur commise n'est pas de nature, toutefois, à masquer le résultat principal, à savoir que les quantités d'azote combiné contenues dans un hectare des terres de Russie et dans un hectare de terre de la Brie sont très-différentes; il en est de même de l'acide phosphorique; mais on voit que ces différences, correspondant à la différence de fertilité, ne deviennent sensibles qu'en faisant intervenir l'épaisseur relative des terres considérées; on en conclut que deux terres inégalement fertiles diffèrent plus par leur épaisseur que par leur composition; c'est ce que confirme la pratique agricole.

XXI

Sur la composition des terres arables de l'École de Grignon.

(Chimie agricole de Dehérain, p. 311.)

Ces analyses ont porté sur les sols des champs où ont été faites les cultures précédentes. Elles ont fait voir de nouveau qu'il est très-difficile de déduire de la composition centésimale d'une terre sa valeur agricole; car l'une des terres les plus mauvaises du domaine donne une composition comparable aux meilleures; quand on fait intervenir l'épaisseur de la couche arable, la valeur différente de ces terres apparaît nettement. On a fait de l'une des terres des analyses portant non-seulement sur les échantillons pris à la surface, mais aussi à des profondeurs variables, et on a trouvé que si la quantité d'azote est moindre à la profondeur d'un mètre et de $1^m,80$ qu'à la surface, elle est cependant encore considérable. (Pièce des 26 arpents.)

XXII

Sur l'intervention de l'azote atmosphérique dans la végétation.

Premier mémoire.

(Comptes rendus de l'Académie des sciences, t. LXXIII, p. 1352, 1871.)

Second mémoire sur le même sujet.

(Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. LXXVI, p. 1390, 1873. — Annales des sciences naturelles, t. XVIII, p. 147, 1873.)

Une forêt régulièrement exploitée perd annuellement, à chacune des coupes qu'elle supporte, une certaine quantité d'azote combiné, et bien qu'on ne se préoccupe nullement de restituer au sol forestier l'azote contenu dans les matières albuminoïdes du bois exporté, on ne constate aucun signe d'épuisement : la forêt produit aujourd'hui ce qu'elle produisait jadis. Les prairies hautes des montagnes ne reçoivent comme fumier que les déjections des animaux qui y séjournent pendant l'été : quand ceux-ci redescendent à la plaine, ils ont augmenté leur poids; pendant toute la bonne saison, les femelles ont donné du lait, dont le caséum a emprunté son azote au sol de la prairie; il y a perte évidente et cependant la pâture maintient pendant des siècles sa production. M. Boussingault a reconnu que dans la plupart des assolements adoptés l'azote des récoltes surpasse l'azote des fumures; M. Hervé Mangon a établi que le foin récolté sur les prairies irriguées du midi de la France contient plus d'azote que n'en renfermaient le fumier et l'eau d'irrigation. Enfin M. le baron P. Thénard a montré récemment que les pertes d'azote que font annuellement les sols des grands crus de Bourgogne n'influent pas sur leur fertilité.

Ainsi la terre arable, la forêt, la prairie, le vignoble semblent perdre plus d'azote qu'ils n'en reçoivent, et cependant l'analyse démontre que malgré ces déperditions constantes, la proportion d'azote combiné qu'ils recèlent, loin de diminuer avec la culture, va sans cesse en augmentant. Il est donc évident que c'est au réservoir inépuisable de notre atmosphère que la nature emprunte l'azote à l'aide duquel elle comble les déficits constants que nous indique l'analyse

L'auteur a montré que l'azote atmosphérique se combine aux hydrates de

carbone tels que la glucose, la cellulose, etc., quand ils sont attaqués par des alcalis.

Ces expériences sont malheureusement toujours irrégulières, c'est-à-dire qu'à côté d'essais dans lesquels la combinaison de l'azote est incontestable, on en trouve d'autres dans lesquels cette combinaison n'a pas lieu ; il n'est donc pas extraordinaire que les chimistes qui ont voulu répéter ces expériences soient arrivés à des résultats contradictoires : tandis que M. Schlœsing a essayé en vain d'obtenir la combinaison de l'azote dans les conditions indiquées par Debérain, M. Simon, chimiste belge, M. Armsby, chimiste américain (1), ont au contraire répété avec succès les expériences contestées.

Cette grande question de la fixation de l'azote atmosphérique sur le sol arable, qui a occupé nombre de chimistes français et étrangers, vient d'entrer au reste dans une voie nouvelle depuis que M. Berthelot a reconnu que l'azote effluvé est susceptible de se fixer sur les hydrates de carbone tels que la dextrine et la cellulose. Les résultats obtenus par ce chimiste éminent sont donc dans le sens indiqué par M. Dehérain, qui considère les matières ulmiques comme l'intermédiaire nécessaire entre l'azote atmosphérique et les végétaux. Les analyses des prairies hautes des montagnes d'Auvergne qui ne sont jamais fumées, exécutées par M. Truchot, apportent un appui remarquable à cette manière de voir ; car M. Truchot a reconnu que la quantité d'azote combiné qui existe dans le sol arable augmente avec la proportion de carbone des matières organiques qui y est contenu et que le sol de ces prairies, qui ne reçoit jamais d'engrais, renferme plus d'azote que les terres arables les mieux cultivées de la Limagne d'Auvergne.

XXIII

Sur la solubilité des phosphates minéraux dans les acides naturels du sol.

(Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. XLV, p. 13, 1857.)

XXIV

Sur les métamorphoses que subit dans le sol le phosphate de chaux des engrais.

(Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. XLVII, p. 988, 1858.)

(1) *Annales agronomiques*, t. I et II.

XXV

Recherches sur l'emploi agricole des phosphates.

(Thèse pour le doctorat, in-8, 120 pages, 1859.)

Dans le mémoire où il a résumé ses recherches sur les phosphates, l'auteur s'est d'abord efforcé de déterminer rigoureusement la composition des nodules qui se rencontrent abondamment dans nos départements de l'est, et dont la découverte venait de suivre les importantes publications de M. Elie de Beaumont sur les gisements géologiques du phosphore. L'auteur a reconnu que la teneur des nodules était assez variable, mais qu'en moyenne elle atteignait 42 pour 100 de phosphate de chaux : c'est ce qu'ont confirmé les très-nombreuses analyses de nodules que nécessitent chaque jour les importantes transactions commerciales dont ces engrais sont l'objet.

Les racines des plantes ne peuvent absorber que des matières solubles : or le phosphate de chaux est insoluble dans l'eau, et bien que, depuis Th. de Saussure, on eût reconnu sa présence dans les végétaux, on ignorait comment il y pouvait pénétrer, avant que M. Dumas, puis M. Lassaigne, eussent montré que l'acide carbonique attaque et dissout le phosphate des os. En 1857, l'eau chargée d'acide carbonique, ou même d'acide acétique, qu'on supposait exister dans les terres récemment défrichées, était considérée comme le seul véhicule capable d'amener les phosphates dans les tissus végétaux, et les phosphates inattaquables par ces réactifs ne semblaient devoir exercer aucune influence sur la végétation ; les premiers essais de laboratoire tentés sur la poudre des nodules ayant donné des résultats négatifs, on crut qu'ils ne pourraient, en aucune façon, remplacer le noir animal, dont le prix, à cette époque, était singulièrement élevé, et la découverte des gisements de l'Est fut loin d'être accueillie avec toute la faveur qu'elle méritait.

L'auteur voulut contrôler ces résultats de laboratoire, qui conduisaient à rejeter, de la consommation agricole, une quantité immense de phosphates, et il arriva bientôt à se convaincre que, si les nodules sont en effet peu solubles dans les acides faibles au moment même où ils viennent d'être pulvérisés, leur solubilité dans l'acide acétique étendu et dans l'acide carbonique augmente singulièrement après quelque temps d'exposition à l'air ; il

soutint donc, avec M. Bobierre, contrairement à l'opinion émise par M. Payen (Rapport présenté à l'Académie sur une Note de M. Moride, *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. XLIV, p. 507, 1857), et par M. Barral, dans le *Journal d'Agriculture pratique* (1857), que les nodules simplement réduits en poudre pourraient être utilisés avec grand profit sur les terres où abondent les débris végétaux, comme les terres de bruyères. C'est ce que la suite a parfaitement confirmé, et, dans l'enquête agricole de 1867, M. Malaguti, Correspondant de l'Académie, a déclaré que l'emploi des nodules pulvérisés avait rendu à la culture de la Bretagne un service signalé ; leur réussite est, au reste, parfaitement démontrée par l'importance qu'ont prise leur exploitation et les transactions auxquelles elles donnent naissance.

En 1858, M. P. Thenard publia un Mémoire important sur les transformations que subit, dans le sol, le phosphate de chaux des engrais ; en étudiant une terre qui avait reçu du noir animal quelques années avant la prise d'échantillon, il reconnut qu'elle ne renfermait plus de phosphate de chaux, mais bien des phosphates d'alumine ou de sesquioxyde de fer. Les autres terres qu'il étudia lui fournirent des résultats analogues ; en général, elles ne présentèrent à l'analyse que des phosphates de sesquioxyde insolubles dans les acides faibles. Les plantes, cependant, s'emparent de l'acide phosphorique. M. P. Thenard, pour expliquer son assimilation, fait intervenir un silicate de chaux soluble, auquel il attribue la décomposition des phosphates à base de sesquioxyde et leur rétablissement à l'état de phosphate de chaux soluble dans l'acide carbonique.

L'auteur reconnut, par l'étude des terres variées, qu'ainsi que l'a établi M. P. Thenard, les phosphates à base de sesquioxyde y sont bien plus abondants que les phosphates à base de protoxyde ; il fit voir, en outre, que les phosphates à base de sesquioxyde sont facilement décomposés par les carbonates alcalins ou par le bicarbonate de chaux à la seule condition que ces carbonates soient employés en excès ; si les sesquioxydes dominent, la réaction inverse se produit, et les phosphates sont ramenés à l'état insoluble.

Cette observation est importante, car elle fait concevoir l'utilité des chaulages à haute dose, dans lesquels on emploie une masse de chaux infiniment plus grande que celle qui est nécessaire pour combler le déficit causé par les récoltes ; si, en effet, le bicarbonate de chaux n'était pas en excès, il ne pourrait pas arracher l'acide phosphorique aux sesquioxydes et le mettre à la disposition des plantes.

Dans ce travail, l'auteur fit encore remarquer que la Bretagne est la pro-

vince de France qui consomme la plus grande quantité de phosphates, non-seulement parce que son sol est formé de terrains primitifs qui ne renferment pas de phosphore dans leurs éléments, et qu'ainsi un apport du dehors est nécessaire, mais aussi parce que les phosphates y sont soumis à deux causes différentes de déperdition : dans les terres riches en détritus organiques, le phosphate de chaux est facilement dissous par les acides provenant de l'oxydation de la matière végétale, et, dans les terrains plus anciennement cultivés où celle-ci a disparu, l'acide phosphorique, bientôt engagé en combinaison avec les sesquioxydes, n'est pas cependant préservé des atteintes du carbonate de potasse provenant de l'altération des roches granitiques, qui, l'amenant à l'état soluble, falicite son assimilation, mais en même temps favorise sa déperdition.

Ces recherches sur l'action de divers agents naturels sur les phosphates furent complétées par l'étude des divers procédés à l'aide desquels on peut donner à l'acide phosphorique la solubilité qui lui manque pour être utilisé dans les sols anciennement cultivés; dans son ouvrage sur l'emploi agricole des phosphates, l'auteur fit connaître les principaux travaux publiés en Angleterre sur la fabrication et l'emploi des superphosphates, dont l'usage, si fréquent aujourd'hui en France, était très-peu répandu à l'époque où ce travail fut publié (1859).

XXVI

Recherches sur le plâtrage des terres arables (1re partie).

(Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. LVI, p. 965, 1863. — Annales du Conservatoire des Arts et Métiers, t. III, p. 160, 1863. — Annuaire scientifique, 1864.)

XXVII

Recherches sur le plâtrage des terres arables (2e partie).

(Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. LX, p. 444, 1865. — Annales du Conservatoire des Arts et Métiers, t. V, 1865. — Bulletin de la Société chimique, t. III, p. 165, 1865).

Bien que l'emploi du plâtre dans la culture des légumineuses remonte à plus d'un siècle et que les agronomes aient toujours été frappés de voir cet amendement réussir sur le trèfle et la luzerne, tandis qu'il échoue sur les céréales, on

n'avait, jusqu'à ces derniers temps, donné aucune explication rationnelle de son emploi; dans son *Économie rurale*, M. Boussingault disait, en effet: « Malgré les nombreux travaux que nous possédons, la question théorique du plâtrage est loin d'être résolue, et de nouvelles recherches sont d'autant plus nécessaires que jusqu'à présent la science s'est bornée à rejeter toutes les explications sans rien mettre à la place. »

En examinant la composition des cendres de trèfle venu sur une sole plâtrée, et en la comparant à celle d'un trèfle développé dans les conditions ordinaires, M. Boussingault a fait voir que celles-ci sont sensiblement moins riches en potasse que celles-là, et bien qu'au premier abord il y eût peu de raisons pour supposer que le plâtrage pût favoriser l'assimilation de la potasse par les plantes, on résolut de soumettre cette hypothèse à une vérification expérimentale. Plusieurs échantillons de terres variées furent mélangés à du plâtre, puis on y recherchá la potasse et on trouva toujours que les terres plâtrées cédaient à l'eau une quantité de potasse plus grande que les terres non plâtrées; il fallut donc en conclure que le plâtre favorisait la solubilité de la potasse contenue dans la terre arable, mais il restait à trouver la cause de cet excès de solubilité et l'explication de l'avantage qu'en pouvaient recueillir les légumineuses. Ce fut là l'objet d'un second travail, dans lequel on étudia d'abord le pouvoir absorbant des terres arables, découvert par les chimistes anglais MM. Huxtable, Thompson et Way, et qui n'est sans doute qu'un cas particulier des phénomènes d'*affinité capillaire* dont M. Chevreuil a montré l'intérêt dans l'étude des terres arables. (*Compte rendu*, t. LXIII, 1012). On trouva que le pouvoir absorbant des terres était sensiblement moindre pour les sulfates que pour les carbonates; le plâtre, en transformant le carbonate de potasse habituellement retenu dans la terre arable en sulfate moins absorbable, favorise donc la diffusion de l'alcali; on remarqua, en outre, que les plantes qui profitent de l'emploi du plâtre sont précisément celles qui enfoncent leurs racines dans le sol à une grande profondeur, tandis que les végétaux dont les racines restent dans les couches superficielles ne tirent de son emploi aucun avantage, et il devint évident qu'en jetant du plâtre sur le sol, on faisait pénétrer jusqu'à une profondeur suffisante pour atteindre les racines des légumineuses les alcalis habituellement retenus dans les couches superficielles où elles ne leur sont d'aucune utilité; il devenait clair, en même temps, que les plantes dont les racines tracent à la surface du sol sans pénétrer profondément ne sauraient profiter de cet amendement, et c'est précisément ce qui arrive pour les céréales.

Il restait encore une objection à opposer aux vues de l'auteur; si le plâtre

est utile parce qu'il transforme les carbonates des couches superficielles en sulfates, et qu'il favorise ainsi leur pénétration jusqu'aux couches profondes, on devrait rencontrer dans les cendres des plantes plâtrées une quantité suffisante d'acide sulfurique pour saturer la potasse et la chaux que l'analyse y décèle ; or, c'est ce qui n'a pas lieu : tandis que la potasse et la chaux existent dans les cendres en quantités notables, on n'y peut doser que do très-faibles quantités d'acide sulfurique ; l'assimilation des bases n'a pas eu lieu à l'état de sulfates. On lève cette dernière difficulté en remarquant que, si la chaux et la potasse s'enfoncent à l'état de sulfates dans le sous-sol, elles n'y persistent pas longtemps sous cette forme : les sulfates sont bientôt soumis, en effet, aux actions réductrices qui dominent à une certaine profondeur, et ne tardent pas à être métamorphosées en sulfures, puis en carbonates ; si l'assimilation des alcalis par les plantes a lieu avant qu'ils n'aient pris cette nouvelle forme, ils pénètrent à l'état de sulfates, mais leur assimilation n'est pas instantanée, et c'est généralement après qu'ils sont associés à l'acide carbonique que, servant d'aliments aux plantes, ils y pénètrent en quantités sensibles.

Cette interprétation ne repose pas sur une simple hypothèse, mais sur des essais quantitatifs où l'auteur a reconnu la réduction rapide des sulfates enfouis dans une terre arable, riche en substances organiques ; cette réduction a été, au reste, observée depuis longtemps par M. Boussingault et par M. P. Thenard, qui a eu occasion de reconnaître qu'un tas de fumier plâtré se recouvrait après quelque temps de nombreux cristaux de soufre.

En résumé, l'auteur établit que le plâtre favorise la pénétration, dans les couches profondes du sol où s'enfoncent les racines des légumineuses, de la chaux, de la potasse et même de l'ammoniaque, qui leur servent d'aliments ou *qui favorisent la solubilité de ces acides azotés, très-riches en carbone, qui se forment dans les profondeurs du sol et qui paraissent avoir une si heureuse influence sur le développement des légumineuses ;* il établit encore que le plâtre, nourrissant les couches profondes aux dépens de la surface, ne peut être utile aux céréales, qui végètent dans les couches superficielles. Remarquons, en finissant, que si notre interprétation est exacte, si le plâtre favorise la diffusion des alcalis, il doit pouvoir être utilement remplacé par un mélange de sulfate alcalins ; or, c'est précisément ce qu'ont démontrés, avec la plus grande netteté les expériences de MM. Lawes et Gilbert (*Expériences sur la culture du trèfle sous l'influence de diverses engrais.* — *Jour. Roy. Agr. Soc. Eng.*, vol. XXI, p. 178), puisqu'ils ont reconnu que l'augmentation de récolte due au plâtre seul étant de 15, l'augmentation due au mélange de sulfate de potasse, de soude et de magnésie montait à 28.

PUBLICATIONS DIVERSES

Annales agronomiques.

Revue trimestrielle publiée sous les auspices du ministère de l'agriculture et du commerce (direction de l'agriculture), par M. Dehérain. — Masson. 8 fascicules in-8° de 160 pages sont déjà parus, ils forment les tomes I et II, 1875-1876.

Les *Annales agronomiques* ont été fondées par la direction de l'agriculture pour recueillir les mémoires de physiologie végétale, d'agronomie, de chimie et de mécanique agricole, de statistique et d'économie rurale que leur caractère scientifique éloigne des journaux destinés à la masse du public agricole.

En acceptant la direction de cette importante publication, l'auteur s'est donné pour mission de créer pour les sciences agronomiques un recueil analogue aux *Annales de chimie et de physique* et aux *Annales des sciences naturelles.* Comme il n'était pas certain de trouver, dès l'abord, suffisamment de matière pour publier tous les ans plusieurs volumes, il a fait de la nouvelle revue une publication trimestrielle; le premier numéro a paru en avril 1876, et les autres se sont succédé régulièrement tous les trois mois; le second volume (640 pages) est terminé (décembre 1876); il est probable que d'ici à peu de temps le nombre des collaborateurs augmentant, il faudra donner six numéros par an.

Les *Annales* ont inséré, dans leurs deux premiers volumes, des travaux de MM. Fremy et P. Thenard, membres de l'Académie des sciences, de MM. Is. Pierre et Planchon, correspondants de l'Académie, de MM. Boitel, Bohierre, Corenwinder, Lichtenstein, frère E. Marie, S. Meunier, Pagnoul, Truchot, etc. Le corps enseignant des écoles d'agriculture a répondu à l'appel qui lui était fait : MM. Dubost, Grandvoinnet, Millot, Mouillefert, Pouriau, professeurs à l'École de Grignon; MM. Londet et Roussille, de l'École de Grand-Jouan; MM. Audoynaud, Gobin, Maillot et C. Saint-Pierre, de l'École de Montpellier; enfin, MM. Degrully et Maquenne, répétiteurs à l'École de Grignon, y ont donné des travaux importants.

Tous les travaux de physiologie végétale sortis depuis deux ans du labora-

toire de culture y ont été insérés; M. Vesque, docteur ès sciences, préparateur, MM. Durin, Landrin, Plicque, Gassend, ont particulièrement contribué à la rédaction des *Annales*.

Il était intéressant de tenir le public au courant des travaux publiés à l'etranger; on a traduit de l'anglais des mémoires de MM. Lawes, Gilbert et Voelcker; de l'allemand, des recherches de MM. Boehm, Bretschneider, Burgerstein, Eder, Erdmann, Gorup Besanze, Hartig, Heinrich Laskowski, Mayer, Nobbe, Pfeffer, Sachsse, Schrœder, etc., etc.; de l'italien, un travail de M. Cantoni; du portugais, un mémoire de M. Lapa.

Cours de chimie agricole.

Professé à l'École de Grignon par M. Dehérain. — Hachette, 1 vol. de 640 pages, gr. in-8°, 1873.

Au moment où M. Dehérain a été attaché à l'École de Grignon, il a présenté un programme qui a été accepté et qui comprend, outre la chimie agricole proprement dite, c'est-à-dire l'étude des terres arables, des amendements et des engrais, la physiologie végétale.

Après huit années de professorat, l'auteur se trouva avoir accumulé assez de renseignements pour tenter d'écrire un volume réunissant aux immortelles recherches de Priestley, d'Ingen Housz, de Th. de Saussure, les travaux plus récents publiés en France et à l'étranger.

Le volume est divisé en quatre parties d'inégale longueur; la première : *Du développement des végétaux*, est la plus importante; elle comprend 230 pages; il est probable que dans la seconde édition qui est en préparation, cette première partie qui, dans le cours de Grignon, occupe vingt leçons, formera un volume séparé d'environ 400 pages.

Le succès qu'a obtenu cet ouvrage est la preuve qu'il est non-seulement utile aux élèves des écoles d'agriculture, mais aussi aux cultivateurs et aux différents industriels qui touchent à l'agriculture (fabricants de sucre, marchands d'engrais, etc.).

Collaboration au Dictionnaire de chimie de M. Wurtz.

Articles Assimilation, Amendement, Chaulage, Céréales, Engrais, Germination, Feuilles, Fruits, Jachère, Platrage des terres arables, Terre arable.

Collaboration aux Annales du Conservatoire.

Les produits agricoles à l'Exposition de 1860.
Les produits agricoles et alimentaires à l'Exposition de 1862.

Collaboration à la Revue scientifique.

L'auteur a donné à ce recueil, entre autres articles, une *Étude sur la ferme de Rothamsted;* il a traduit une partie des documents libéralement remis par M. Lawes aux visiteurs de son domaine; il a inséré en outre quelques notices nécrologiques.

Collaboration à la Nature.

L'auteur y a inséré quelques travaux de physiologie végétale et d'agriculture.

Collaboration à la Revue nationale, 1860-1866.

Histoire des sciences.

Les articles que publia, pendant plusieurs années, M. Chevreul, dans le *Journal des savants*, sur l'histoire de la chimie, excitèrent chez l'auteur le désir de s'engager dans la voie tracée par l'illustre directeur du Muséum.

M. Dehérain qui, avant de se vouer à l'étude de la physiologie végétale et de l'agronomie, s'était au début de sa carrière adonné particulièrement à la chimie, s'attacha d'abord à retracer les grandes découvertes qui ont fondé la chimie moderne; dans ses premières *Études pour servir à l'histoire de la chimie*, il a résumé l'ensemble des travaux qui ont trait à la *découverte de l'oxygène* (*Revue de l'Instruction publique*, 1857), depuis les premiers essais de Jean Rey et de Jean Mayow jusqu'aux immortels Mémoires de Lavoisier; il a écrit encore : *La découverte de la composition de l'eau;* — *La découverte du chlore* (*Annales du Conservatoire des arts et métiers*, 1860-1862); — *La réforme scientifique de Lavoisier* (*Revue contemporaine*, 1864). De plus en

plus attiré par ces études critiques, l'auteur résolut de suivre pas à pas les progrès de la science, et il commença, en 1862, la publication de l'*Annuaire scientifique*, qui n'a été interrompue que par les événements de 1870. Le rédacteur en chef de l'*Annuaire* n'a pas voulu enregistrer une simple nomenclature des découvertes plus ou moins importantes qu'amène chaque année; il résolut, au contraire, de faire un choix sévère parmi les travaux publiés, et de traiter les questions assez complétement pour que la lecture de son recueil fût intéressante, même pour les hommes de science qui désirent rester au courant des travaux étrangers à leur spécialité.

Une seule personne ne pouvait songer à réaliser un semblable programme, il fallait grouper autour de cette publication des hommes spéciaux, compétents et autorisés à traiter les sujets que leurs études journalières leur rendaient familiers. L'appel que fit le rédacteur en chef à ses amis fut entendu, et l'*Annuaire* publia des travaux critiques importants de divers savants et écrivains justement estimés.

MM. A. Guillemin et G. Rayet rédigèrent les articles d'astronomie; ceux de physique furent confiés à MM. Mascart, C.-M. Gariel et Saint-Edme; MM. les docteurs Marey, U. Trélat, P. Brouardel, J. Worms, Dally, traitèrent les questions de physiologie et de médecine, et quelques-uns de ces écrits ont une véritable importance; nous citerons notamment les articles de M. U. Trélat sur les hôpitaux et sur la population de la France; celui de M. Brouardel sur la vaccine, etc. MM. Menu de Saint-Mesmin, W. de Fonviello, Tissandier, Ed. Vignes, Zurcher, Margollé, Blerzy, Landrin, travaillèrent également pour l'*Annuaire*, qui comptait parmi ses rédacteurs M. A. Duméril, professeur au Muséum d'histoire naturelle et académicien libre; l'*Annuaire* réussit souvent à présenter le premier, au public lettré, des questions délicates restées jusqu'alors l'apanage exclusif des savants; nous citerons notamment les articles sur le réseau pentagonal, de M. Élie de Beaumont, et sur le second principe de la théorie mécanique de la chaleur, qui furent l'un et l'autre accueillis avec une grande faveur.

Pendant les neuf années qu'a duré cette publication, 1862-1870, M. Dehérain ne s'est pas borné au rôle de rédacteur en chef; il a inséré dans ce recueil un grand nombre d'articles; nous n'insisterons que sur ceux qui ont trait à la physiologie végétale et à l'agronomie.

La terre arable : résumé des recherches de MM. Ebelmen, Daubrée, Liebig, Lawes et Gilbert, Boussingault, Huxtable, Thompson, Way, P. Thenard, 1862. — *Le chaulage des terres arables :* travaux de MM. Boussingault et Dehérain, 1863. — *L'agriculture à l'Exposition de Londres en* 1862. — *Le*

plâtrage des terres arables : historique, exposé des recherches de l'auteur, 1864. — *La race des bœufs de Durham :* idées de Baudement sur le croisement et la sélection, 1865. — *Les gisements de potasse de Stassfurth*, 1866. — *La nutrition des végétaux :* résumé des travaux de M. Boussingault, sur la décomposition de l'acide carbonique, et de ceux de l'auteur sur l'assimilation des substances minérales, 1867. — *L'agriculture à l'Exposition de* 1867. — *La végétation dans l'obscurité :* travaux de M. Boussingault, observation faite par l'auteur à l'étang de Grignon, 1868. — *Les engrais*, 1869. — *L'enquête agricole*, 1869. — *La maturation des céréales :* travaux de M. Is. Pierre, recherches de l'auteur, 1870.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.